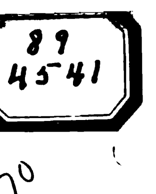


8 9
45 41





SIGILLUM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV ANG
VE RI TAS
CHRISTO ET ECCLESIAE



LOS TERRENOS Y LOTES

DEL

CHACO PARAGUAYO

Y SUS DELINEACIONES

POR

PEDRO A. FREUND
Ingeniero Fiscal de la Compañía Matte Larangeira

Dedicado al Excelentísimo señor Ministro del Exterior don José Segundo Decoud.

CON UN PLANO ESPECIAL DEL CHACO PARAGUAYO

BUENOS AIRES
FÉLIX LAJOUANE, LIBRERO-EDITOR
79 — PERÚ — 79

1898

3/1/16

Mar. 1. 1916

LOS TERRENOS Y LOTES

DEL

CHACO PARAGUAYO Y SUS DELINEACIONES

Los lotes ó terrenos del Chaco Paraguayo, aunque vendidos á particulares, son en su mayor extensión todavía despoblados. En el norte del Chaco se ha desarrollado una industria con los capitales de don Cárlos Casado; á la altura de Villa Concepción la Misión inglesa tiene un pequeño establecimiento, y algunos hacendados cuidan sus vacas en la costa del río Paraguay; y más al sud se encuentran algunos obrajes, y pobladores, como en el lote número 17, donde el doctor Acebal, actualmente está alambrando. Pero todos estos pobladores se encuentran cerca del río; solamente los ocupantes de Villa Hayes trabajan toda la porción del Chaco, que en sus inmediaciones se encuentra entre el río Paraguay y el Pilcomayo. La nueva ley de contribución directa, será una iniciativa, para obligar á los dueños de terrenos en el Chaco, á poblarlos ó á efectuar trabajos en ellos, si no quieren perder, además de los intereses de su capital invertido, también los gastos de los derechos anuales, y así es de prever que, en el futuro, los deslindes de lotes serán frecuentes.

Para facilitar estos deslindes, el gobierno del Paraguay, ya ha mandado medir la costa del río Paraguay y poner mojones numerados de legua en legua en la costa, para que estos sirviesen de marcos para las divisiones de los lotes interiores. Este trabajo, que fué efectuado con mucho tino y exactitud por don Antonio Codas, ha perdido una parte de su importancia, porque los mojones de las divisiones de lotes, que eran de madera, en parte ya se han perdido, sea por aguas que han llevado el suelo, sea por incendios en los campos, sea por malicia de los indios, ó sea porque el río haya minado la barranca.

La venta de los terrenos del Chaco se ha hecho en lotes de una legua de ancho, medida en un meridiano entre los límites sud y norte del lote. En el interior del Chaco, los lotes tienen diez leguas de ancho, lo que corresponde á diez lotes de la costa, y para trazar las divisiones de los lotes, será preciso trazar, desde el mojón correspondiente un paralelo de latitud.

En el caso de que el lote, cuyos deslindes ó costados se buscan, se encuentre lejos en el interior del Chaco, sea cerca de Bolivia, este trabajo es casi imposible, y en tal caso es preciso sacar primeramente astronómicamente la latitud del mojón correspondiente de la costa, y en seguida volver á las inmediaciones del lote, para determinar allá un punto con la misma latitud del mojón correspondiente de la costa. Si no se hace de esta manera, es de prever que las mensuras en los campos del Chaco darán una completa confusión en la situación de los varios lotes del interior, porque estas situaciones pueden hallarse, saliendo diferentes agrimensores, midiendo, segun diferentes métodos, con diferente grado de exactitud y con diferentes instrumentos de observación y de topografía. Por consiguiente, es de suma necesidad conocer primeramente las latitudes de todos los mojones de la costa, que ya están aceptados gubernativamente, y que para siempre tendrán que considerarse como fundamentales. Obser-

vando entonces la latitud del mojón, que se encuentra en la costa derecha del río Paraguay, arriba del puerto del Rosario de Itacurubí, y que lleva el número 25, se encuentra esta latitud igual á 24° 21′ 47″, y la latitud del mojón número 49, que se encuentra en la costa del Chaco, enfrente á la Villa Concepción, se halla á 23°24′58″. La diferencia de estas dos latitudes es de 0°56′49″, y como la distancia entre aquellos dos mojones se divide en 24 lotes, á cada lote corresponde un ancho de 0°2′22″05, lo que corresponde, teniendo el grado 110.748 metros, á 4370 metros por lote. Este corresponde bien, con las latitudes observadas de los lotes ó de los mojones intermediarios. Los lotes del Chaco que han sido vendidos con el ancho de una legua paraguaya, ó sea con 5000 varas ó 4330 metros de ancho, se entregan al comprador con un ancho de 4370 metros, pero esto no constituye precedente ninguno, para que el comprador pueda exigir más que la legua exacta para el ancho de su lote comprado. Se ve ahora como la aglomeración de este sobrante de 40 metros en cada lote, puede influir sobre la mensura del deslinde de los lotes, si la latitud de cada mojón fundamental no se toma en cuenta, y por eso será preciso deslindar en el futuro todos los lotes del Chaco astronómicamente, para lo que el plano adjunto ya indica la latitud de los lotes de la parte del Chaco que el plano abarca.

Conforme con la extensión de poblaciones en el Chaco ó con las necesidades, este plano podrá ensancharse para el Chaco total, siguiendo siempre las mismas reglas que rigen en la construcción del plano de esa obra. Un agrimensor que viene midiendo algun lote del interior, con punto de arranque lejos al sud, porque no habrá podido encontrar otro mojón fundamental, ó porque las aguas y los caminos no le permitan elegir el mojón fundamental más cerca, determina exactamente un costado, mientras otro agrimensor, que bajo semejantes circunstancias viene midiendo del norte, encuentra la línea determinada por el primer agrimensor á larga dis-

tancia, y sin embargo los dos agrimensores pueden ser exactos en sus trabajos. Con esto se originan las sobreposiciones de terrenos, y las confusiones, que es de todo caso menester evitar. Con tiempo tienen que tomarse las providencias necesarias, para obtener en el futuro, deslindes en el Chaco, que no darán lugar á reclamaciones.

Calculando la latitud de un punto en el deslinde norte del número 2, que corresponde con el deslinde sud del lote número 3, enfrente á la Asunción, se observa que la latitud del límite norte del lote número 2 es 25°16′14″, ó que la diferencia de latitud para los 47 lotes, desde el norte del lote número 2 hasta el norte del lote número 49, es 1°51′16″, lo que da 0°2′22″04, por ancho de cada lote, ó sea, como el meridiano en esta línea contiene por cada grado 110752 metros, un ancho de 4369,86 metros por cada lote.

Todas las líneas que se trazaran en mensuras del Chaco, tienen que ser paralelas de latitud y meridianos, y en lo posible, las subdivisiones también tienen que trazarse según esta regla, así que siempre sean prolongaciones de costados en lotes vecinales.

Esta regla podrá seguirse con respecto á los paralelos de latitud, en todo el Chaco; pero lo que es con los meridianos, es preciso dividir el Chaco en zonas. Esto es consecuencia de la forma elipsoidal de la tierra, que prohibe el desarrollo de la superficie de la tierra en un plano, y exige, que los meridianos vecinales, no sean paralelos, sino convergentes en el polo sud de la tierra. Si establecemos, entonces, que dos de los costados de un lote sean meridianos, los dos otros, que son paralelos de latitud, no pueden tener la misma extensión; el costado norte, que es el más próximo al ecuador, tendrá que ser más largo que el costado sud, que es el más cercano del polo sud. Así veremos en el plano, que, por ejemplo, el lote 157 tiene un costado norte, cuya extensión es de 43700 metros, y un costado sud, cuya longitud es de 43567 metros, aunque el lote haya sido vendido como cuadra-

do, con diez leguas por cada costado. La diferencia es consecuencia de la definición de un meridiano, y los compradores no podrán quejarse de esta diferencia, en vista de que cada uno de los dos costados tiene más de diez leguas ó más de 43300 metros. Esta prolongación de los mismos meridianos para costados de lotes situados al sud ó al norte, podrá continuarse hasta que dos meridianos, que forman los dos costados de lo que se llama un cuadrado de una legua, se cierren tanto, que la distancia entre ellos sea de 4330 metros, ó hasta que la distancia crezca tanto, que el paralelo de latitud que los une obtenga más de 4370 metros, que es la medida con que el gobierno entrega el ancho de los lotes á los compradores, y que por consiguiente también podrá tomarse como límite para el fondo de los lotes. Allá, donde estos límites hayan sido medidos, se concluyen las zonas en dirección al norte y al sud, y nuevas divisiones tienen que trazarse en las zonas linderas, pero esto solamente tendrá lugar en lugares muy lejos de los lotes, que han sido trazados en el plano, porque, examinando éste, se ve que el costado norte del lote 219 tiene 43982 metros, y que el costado sud del lote 156 es de 43416 metros, lo que todavía es más que los 43300 metros, con los que el lote ha sido vendido.

El último mojón colocado por don Antonio Codas en la costa del río Paraguay, y aceptado por el gobierno como mojón fundamental, es el mojón número 49, que se encuentra en la barranca del río enfrente á Villa Concepción, y que ha servido para muchas mensuras en el interior del Chaco. Más al norte, faltan en la costa del río los mojones fundamentales, aprobados por el gobierno. En las mensuras particulares, el ancho teórico de los lotes del interior se ha fijado en 4370 metros por legua, ó sea un exceso de uno por ciento, lo que en las mensuras es permitido, y lo que da un margen para faltas inevitables ocasionadas por desigualdades y dificultades que se encuentren en el terreno. Pero esto vale solamente para los lotes al norte del mojón 49, y solamente par

los trabajos de algunos agrimensores; otros han medido con la base de 4330 metros por legua, y otros con un exceso muy considerable. Así se ve, que la situación de los lotes en aquella parte del Chaco ya está en vía de ocasionar el más deplorable enredo. Sin embargo, todavía hay tiempo de remediar todo, si se toma la determinacion de efectuar las mensuras del Chaco con fundamento de observaciones astronómicas exactas, las que evitarán todo enredo.

La irregularidad de la costa del río Paraguay, exige que los lotes de la primera zona también tengan una forma irregular en su fondo, pero esta irregularidad tiene que pararse en la segunda zona, porque los lotes de las siguientes zonas han sido vendidos como cuadrados ó rectángulos.

Si, entonces, exigimos que los lotes del interior del Chaco, sean regulares, será preciso medir los lotes de la costa con un exceso sobre sus diez leguas, para que la irregularidad de la costa pueda desaparecer en el interior. Este exceso sobre las diez leguas, podrá venderse á los dueños de los lotes de la costa, como sobrante. En todo caso, como la costa es irregular y los lotes del interior tienen que ser regulares, será preciso que la irregularidad desaparezca en alguna parte, y será lo más racional que desaparezca en la primera zona, ó si esto no es posible, al menos en la segunda, así como está demostrado en el plano.

Efectuando los deslindes de los lotes del Chaco, será preciso calcular de antemano la longitud y la latitud de cada division, y cuando estos datos se conozcan, que se determinen por observaciones astronómicas los puntos que corresponden en el terreno á las posiciones calculadas.

Para esto es menester conocer la longitud ó la extensión en metros, que corresponde á los arcos terrestres en todas las posiciones del Chaco, las que se encuentran en la siguiente lista :

Cuadro de la extensión en metros de paralelo y meridiano

Latitud del punto	Un grado del meridiano	Un grado del paralelo	Diferencia
0°......	110m563	111m306 6	
10	110.597	109.626	1680
20	110.693	104.635	4991
22	110.720	103.250	1385
22 10'...	110.722	103.129	121
22 20 ...	110.724	103.007	122
22 30 ...	110.727	102.884	123
22 40 ...	110.729	102.760	124
22 50 ...	110.731	102.635	125
23 0 ...	110.734	102.510	125
23 10 ...	110.736	102.384	126
23 20 ...	110.738	102.256	128
23 30 ...	110.741	102.128	128
23 40 ...	110.743	101.999	129
23 50 ...	110.745	101.869	130
24 ...	110.748	101.738	131
24 10 ...	110.750	101.606	132
24 20 ...	110.752	101.473	133
24 30 ...	110.755	101.340	133
24 40 ...	110.757	101.206	134
24 50 ...	110.759	101.071	135
25 ...	110.762	100.935	136
25 10 ...	110.764	100.798	137
25 20 ...	110.767	100.660	138
25 30 ...	110.769	100.522	138
25 40 ...	110.771	100.383	139
25 50 ...	110.773	100.243	140
26 ...	110.776	100.102	141
26 10 ...	110.778	99.960	142
26 20 ...	110.781	99.817	143
26 30 ...	110.784	99.674	143
26 40 ...	110.786	99.530	144
26 50 ...	110.789	99.385	145
27 ...	110.792	99.239	146
27 10 ...	110.794	99.092	147

Latitud del punto	Un grado del meridiano	Un grado del paralelo	Diferencia
27 20 ...	110.797	98.944	148
27 30 ...	110.800	98.796	148
27 40 ...	110.802	98.647	149
27 50 ...	110.805	98.497	150
28 ...	110.808	98.346	151
28 30 ...	110.816	97.888	458
29 ...	110.824	97.423	465
29 30 ...	110.832	96.951	472
30 ...	110.841	96.471	480
30 30 ...	110.849	95.984	487
31 ...	110.858	95.490	494
31 30 ...	110.867	94.989	501
32 ...	110.875	94.481	508

Esta lista, en combinación con observaciones astronómicas nos da el siguiente cuadro :

Latitud del límite Norte del lote 49...........	23°24'58"
Latitud del limite Norte del lote 2............	25 16 14
Diferencia de latitud por 47 lotes.............	1 51 16
Un grado del meridiano á la latitud de 24°20'.	110752m
1°51'16" de latitud por 47 lotes.............	205383 03
El ancho de un lado es igual á	4369 86
Diferencia de latitud por cada lote............	0°2'22"04
Diferencia de latitud por 47 lotes.............	6676m068
Latitud del muelle del tinglado, puerto Asunción..................................	25°16'49"
Límite Norte del lote 49, con los 145, 149, 157, 165, 174....................	23 24 58
— de los lotes 225, 226, 227, 228...	23 48 38 4
— 148, 156, 164, 173..............	23 51 0 44
— 28, 124, 122, 222, 223, 224 *a*	24 14 40 84
— 27, 123, 147, 157, 224 *b*.........	24 17 2 88
— 17, 113, 220, 221...............	24 40 43 28
— 16, 112, 246....................	24 43 5 32
— 2............................	25 16 14

Subdivisiones del lote número 149

Límite Norte de los lotes	2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82	23°27′20″04
—	3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83	23 29 42 08
—	4, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84	23 32 4 12
—	5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85	23 34 26 16
—	6, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86	23 36 48 2
—	7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87, 91, 95	23 39 10 24
—	8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88, 92, 96	23 41 32 28
—	9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89, 93, 97, 99	23 43 54 32
—	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 94, 98, 100	23 46 16 31
Límite Sud del lote 149		23 48 38 4

Subdivisión del lote número 173, propiedad de los señores Schmied y Frangenheim

Límite Norte de los lotes	1 y 17	23°51′ 0″44
—	18 y 33	23 53 22 48
—	35 y 50	23 55 44 52
—	51 y 66	23 58 6 56
—	67 y 80	24 0 28 6
—	81 y 93	24 2 50 64
—	95 y 107	24 5 12 68
—	108 y 118	24 7 34 72
—	119 y 128	24 9 56 76
—	129 y 137	24 12 18 80
Límite Sud de los lotes	129 y 137	24 14 40 84

Subdivisión del lote número 224, propiedad de los señores Schmied y Frangenheim

Límite Norte de los lotes	138 y 156	24°14′40″84
—	157 y 176	24 17 2 88
—	177 y 194	24 19 24 92
—	195 y 210	24 21 46 96

Límite Norte de los lotes	211 y 225	24°24′ 9″
—	226 y 240	24 26 31 04
—	241 y 254	24 28 53 08
—	255 y 267	24 31 15 12
—	268 y 279	24 33 37 16
—	280 y 289	24 35 59 20
—	290 y 297	24 38 21 24
Límite Sud de los lotes	290 y 297	24 40 43 28

Para calcular la longitud astronómica de los meridianos que forman de diez en diez leguas los costados de los lotes, consideramos primeramente aquellos lotes que tienen el paralelo de latitud que pasa por el mojón número 49 por base. Sobre este paralelo del mojón 49 indicamos los diferentes lotes de diez leguas con 43700 metros, por ser esta la medida aprobada por el gobierno para las mediciones en la costa del río Paraguay, y por ser esta medida menos uno por ciento en exceso del valor exacto, 43300 de diez leguas. Un paralelo de latitud que pasa por el mojón número 49, cuya latitud es 23°24′58″ tiene en cada grado 102.192 metros, así que 43700 metros representan 0°25′39″45 de longitud.

Siendo ahora conocido que la longitud astronómica del mojón número 49 desde Greenwich, es 57°17′54″, la longitud del fondo oeste del lote número 49, será 57°43′33″45, y la longitud del fondo oeste del lote número 145 será 58°9′12″9.

El lote número 149 no tiene más que 9 leguas lineales en dirección de este á oeste, y como cada legua de 4370 metros dará una diferencia de longitud de 2′33″945, 9 leguas darán 0°23′5″505, y la longitud astronómica del costado oeste del lote 149 será 58°32′18″405.

Lote número 165, límite este 58°57′57″855.

Lote número 174, — 59°23′37″305.

Teniendo determinados los costados de los lotes por su latitud y su longitud, la posición de ellos en el terreno, queda absolutamente bien determinada. Nunca habrá posibi-

lidad de superposición, si las observaciones astronómicas se efectúan con exactitud, y así se evitará todo enredo entre los lotes vecino.

Es útil conocer en la vecindad del Chaco muchos puntos cuyas posiciones geográficas ya han sido determinadas con mucha exactitud. Tales puntos fundamentales pueden servir para medir, con la cadena, la longitud de puntos desconocidos, lo que bajo ciertas circunstancias podrá ser más exacto, que observaciones astronómicas, cuando falta el tiempo ó cuando lluvias, ú otras dificultades imposibilitan la parada en un punto de observación.

	LONGITUD		LATITUD
	Tiempo	Arco	
París á Buenos Aires, aduana	4ʰ 2ᵐ50ˢ	60°42′30″	
París á Asunción, puerto	4 0 1	60 0 15	25°16′49″
Greenwich á París	0 9 21	2 20 15	
— á Buenos Aires, aduana	3 53 29	58 22 15	
— á Buenos Aires, escuela naval	3 53 33 6	58 23 24	
— á Asunción, puerto	3 50 40	57 40	25 16 49
— á la boca del Pilcomayo, Lambaré	3 51 48	57 57	
— al mojón número 49, costa río Paraguay	3 49 11 6	57 17 54	23 24 58
— al centro de la torre de la iglesia en Villa Concepción, distante 500 metros del río	3 49 5	57 16 15	23 24 36 7
Asunción al mojón número 49, costa del río Paraguay	0 1 28 4	0 22 6	
Greenwich á la casa de Lino Toledo, Pedernal	3 48 32 7	57 8 10 5	23 46 0
— al mojón A, costa arroyo Montelindo	3 48 50 2	57 12 33 5	23 56 43
— al mojón B, costa arroyo Montelindo	3 49 57 5	57 29 22 5	23 51 31 3

	Longitud: Tiempo	Longitud: Arco	Latitud
Greenwich al mojón C, costa arroyo Montelindo...	3h51m 0s6	57°45′ 9″	23°51′ 1″4
Mojón 49 al meridiano límite Oeste del lote 149...	0 4 58 5	1 14 37 5	
Greenwich á la boca del río Montelindo.........	3 48 37 2	57 9 18	23 54 26 2
— al puerto de Rosario de Itacuruby..........	3 48 9 6	57 2 24	24 26 46
-- á la boca del río Jejuy, costa Norte.........	3 48 27 7	57 6 55 5	24 11 22
— á la boca del río Ipané, costa Norte.........	3 49 4 4	57 16 6	23 28 47
Latitud del trópico 1898....	»	»	23 27 10
París al observatorio de Río Janeiro.............	3 2 2 4	45 30 36	22 54 24
* Barra del río Apa, mojón.	0 59 14 75	14 48 41 2	22 4 45 2
* Puerto de guardia de la Estrella............	0 58 7 55	14 31 53 2	22 6 58 2
* Fuerte de San Carlos.....	0 53 23 53	14 5 52 8	22 13 5
* Puerto de la guardia Observación...........	0 55 50 73	13 57 41 01	22 13 50
* Puerto de la guardia Quien Vive...............	0 54 55 35	13 43 50 2	22 14 30
* Barra del río Piedra de Cal................	0 53 59 54	13 29 53 07	22 14 23
Paso de Bella Vista........	0 52 47 35	13 11 56 25	22 5 12
* Confluencia encima de este paso...............	0 52 42 61	13 10 39 15	22 4 49 8
* Guardia Oliva, mojón	0 52 7 23	13 1 49 13	22 12 13 2
* Puerto de Tucurú-pitá....	0 51 27 62	12 51 54 77	22 16 21 4
* Cabecera principal del río Apa, brazo Sud, mojón................	0 50 36 12	12 39 1	22 16 39
* Tercera cabecera del brazo Norte..............	0 50 49 89	12 42 28 3	22 10 2 46
* Segunda cabecera del brazo Norte............	0 50 31 37	12 37 58 08	22 5 54 6

* Desde Río Janeiro.

	Longitud: Tiempo	Longitud: Arco	Latitud
* Primera cabecera del brazo Norte	$0^h50^m29^s43$	12°37′21″64	22° 1′31″35
* Cerro Corá	»	»	22 37 40
* Punta Porá	»	»	22 32 9 7
* Potrero de Julio, mojón	0 49 31 87	12 22 58 35	22 41 8 41
* Laguna del Monte	»	»	22 54 25 6
Cabecera del Norte del Igatimi	»	»	23 11 41
Cabecera Sud del Ipané	»	»	23 17 4 4
Cabecera principal del Igatimi, mojón	0 49 22 0	12 20 30 15	23 18 59 6
Campamento número 31 en la picada al Salto	»	»	23 50 16 73
Isla de Observación	»	»	23 13 42 5
* Cabecera de Ibicuhy, mojón	0 48 54 85	12 13 12 6	23 55 16 1
* Salto Guayra	0 44 24 02	11 5 0 3	24 3 31 4
* Barra del Iguazú	0 45 31 3	11 22 50 4	25 35 23 1
Asunción, mercado Central.	»	»	25 17 32
Asunción, hotel Hispano-Americano	»	»	25 17 0
Mojón I, límite Sud del terreno del doctor Castro, costa Norte del Montelindo	»	»	23 53 4
Límite Norte de los lotes 217 y 219	»	»	22 32 52 7
Límite Sud de los lotes 216 y 218	»	»	23 22 35 9
Límite Norte del lote 149	»	»	23 24 58
Límite Sud del número 1, subdivisión del 149	»	»	23 27 20 04
— 2, subdivisión del 149	»	»	23 29 42 08
— 3 — 149	»	»	23 32 4 12
— 4 — 149	»	»	23 34 26 16
— 5 — 149	»	»	23 36 48 2
— 6 — 149	»	»	23 39 10 24
— 7 — 149	»	»	23 41 32 28
— 8 — 149	»	»	23 43 54 32
— 9 — 149	»	»	23 46 16 31

	Longitud		Latitud
	Tiempo	Arco	
Límite Sud del número 10, subdivisión del 149...	»	»	23°48'38"4
Límite de los lotes 225, 226, 227, 228...........	»	»	23 51 0 44
Límite del lote 134........	»	»	23 53 22 48

	Metros	Longitud	
		Tiempo	Arco
Primer límite Este del lote 149 desde el mojón 49........	74 290	0h2 m54s5	0°43'37"1
Segundo límite del mismo	78.660	3 4 8	0 46 11
Tercer límite Este del lote 149, medido sobre la latitud del mojón 49	87.400	0 3 25 3	0 51 18 9
Límite Oeste del lote 149.........	126.730	4 57 6	1 14 24 4
— — 157.........	170.430	6 40 3	1 40 3 9
— — 165.........	214.130	8 22 9	2 5 43 3
— — 229.........	87.400	3 25 3	0 51 18 9
— — 230.........	131.100	5 7 9	1 16 58 3
— — 216.........	104.880	4 6 3	1 1 34 7
— — 218.........	148.580	5 48 9	1 27 14 1
— — 158.........	192.280	7 31 6	1 52 53 6
— — 166.........	235.980	9 14 2	2 18 33 1
— — 175.........	279.680	10 56 8	2 44 12 5
Límite Este del lote 134	30.590	1 11 8	0 17 57 6
Limite Oeste —	74.290	0 2 54 5	0 43 37 1

y teniendo el mojón número 49 la longitud desde Greenwich 3h49m11s6 57°17'54", la longitud de los últimos límites desde Greenwich será :

	Longitud	
	Tiempo	Arco
Primer límite Este del lote 149............	3h52m6 s1	58° 1'31"1
Segundo --	3 52 16 4	58 4 5
Tercer —	3 52 36 9	58 9 13
Límite Oeste del lote 149..................	3 54 9 1	58 32 18 4
— 157..................	3 55 51 9	58 57 57 9

	LONGITUD Tiempo	LONGITUD Arco
Límite Oeste del lote 165	3h57m34s5	59°23′37″3
— 229	3 52 36 9	58 9 12 9
— 230 desde Greenwich	3 54 19 5	58 34 52 3
— 216 —	3 53 17 9	58 19 28 7
— 218 —	3 55 0 5	58 45 8 1
— 158 —	3 56 43 2	59 10 47 6
— 166 —	3 58 25 8	59 36 27 1
— 175 —	4 0 8 4	60 2 6 5
Límite Este del lote 134	3 50 23 4	57 35 53 6
— Oeste —	3 52 6 1	58 1 31 1

En el Chaco paraguayo, en la costa del río Paraguay hay dos lotes, el número 32 y el lote número 43, que parecen irregulares. El primero es muy angosto, y el segundo es muy ancho, pero la suma de los dos lotes irregulares corresponde á dos lotes regulares. Nunca he podido saber, por qué se ha introducido esta irregularidad. En todo caso, esta delineación extraña, afecta solamente los lotes de la primera zona entre el número 32 y el número 43; todos los lotes de la segunda zona, y los del interior, tendrán siempre sus costados, que son paralelos de latitud, como prolongaciones, no de los lotes defectuosos, que han sido trazados en el terreno, sino de lotes teóricos, que hubieran sido trazados todos con el ancho de una legua, siguiendo la determinación original, con costados equidistantes.

Si nos apartamos de esta regla, entonces ya no hay cómo obtener regularidad en los lotes del Chaco.

Los últimos adelantos en conocimientos geográficos, que tenemos sobre las cualidades de los terrenos del Chaco paraguayo, se refieren á nuevos datos con respecto al curso del arroyo Montelindo, y á la altura de la estación de la Misión Inglesa sobre el nivel de las aguas del río Paraguay á la distancia de 25 leguas paraguayas. Los primeros datos han sido recogidos por miembros de la Misión Inglesa, en sus excur-

siones hasta 60 leguas de la costa del río Paraguay, y hasta los terrenos para colonización de los señores Schmied y Frangenheim, donde el arroyo Montelindo, que viene de Bolivia, todavía se ha encontrado en estado navegable, y los segundos datos los tenemos, merced al empeño de la Oficina Meteorológica del Observatorio de Córdoba, por cuyos esfuerzos y bajo cuya vigilancia, se han establecido centros de observaciones meteorológicas tanto en Asunción como en la estación de la Misión Inglesa en el Chaco. Aunque no tenemos datos exactos todavía sobre el curso del arroyo Montelindo, parece ahora, que este arroyo tiene más agua que el Pilcomayo, en su curso superior, y que es el Montelindo, el que forma el deslinde sud de los terrenos de los señores Schmied y Frangenheim, mientras que el Pilcomayo atraviesa un terreno que hoy llamamos el Chaco argentino, terreno que probablemente algun día podrá reclamarse como territorio paraguayo. Además, sabemos ahora que los terrenos de los señores Schmied y Frangenheim, son excelentes y bastante accidentados, que los grandes palmares están reemplazados por montes más útiles, y que los indios de aquellos parajes, aunque uno entre ellos hirió con flecha al Superintendente de la Misión Inglesa, son pacíficos.

La altura del Chaco paraguayo, en el punto donde la Misión Inglesa ha establecido una estación, á 25 leguas al oeste de Villa Concepción, se deduce de la presión atmosférica observada en aquella estación, en Asunción y en Villa Concepción.

El barómetro del señor Anisits, en Asunción, está colocado á $32^{m}2$ arriba del nivel normal del río Paraguay y el barómetro de la Misión Inglesa en el Chaco á dos metros arriba del suelo de su establecimiento, y con estos 2 barómetros se observó, que el promedio de la presión atmosférica en los 12 meses desde el 1° de marzo de 1896 hasta el 1° de marzo de 1897 era en Asunción 752,53 milímetros, mientras que el barómetro del establecimiento de la Misión Inglesa in-

dicaba en el mismo intervalo una presión atmosférica de 752,25 milímetros. El promedio de la temperatura en este período era en el instrumento del señor Anisits 23°92, y en el instrumento de la Misión Inglesa en el Chaco, 24°98. De esto resulta, que la estación de la Misión Inglesa, queda á una altura de $3^{m}1$ encima de la casa del señor Anisits en Asunción.

Consecuentemente, hallamos que el suelo del establecimiento de la Misión Inglesa en el Chaco, está á $33^{m}3$ arriba del punto cero del nivel del río Paraguay, ó que las aguas del puerto de Asunción tienen que subir $33^{m}3$ antes que puedan inundar la Misión Inglesa. Pero en tiempo de creciente, no son las aguas del puerto de Asunción que pondrán en peligro á la Misión Inglesa; son las aguas del río en Villa Concepción ó en Carayávuelta, y estas partes del río Paraguay son 10 y 15 metros más altas que el puerto de Asunción, así que se necesita una creciente en el rio Paraguay de 18 metros, antes que sus aguas puedan llegar hasta el establecimiento de la Misión en el Chaco. Una nivelación directa ha dado 14 metros de declive, desde la estación hasta la costa del río, así que se calcula ahora que el Chaco sube en las primeras 25 leguas al menos $^{3}/_{4}$ de metro por cada legua. Diferente de las grandes crecientes del río Paraguay, son las aguas de lluvia estancadas en el Chaco, en bajos y zanjones, y que no pueden salir, por ser el Chaco muy tendido con subsuelo impermeable; buscan á desagüarse por arroyitos á los arroyos principales, entre los que el Montelindo ofrece las más grandes ventajas, por causa de su navegabilidad y de su longitud, viniendo de Bolivia, y atravesando todo el Chaco. Será algun día el canal principal del Chaco, en cuya costa encontraremos la agricultura, la cría deganado y el comercio con productos del país, establecidos de preferencia. Este excelente arroyo recorre los lotes número 149 del señor Busk, en seguida el lote número 157, y probablemente los terrenos de colonización de los señores Adalberto Schmied y

2

Frangenheim, donde todavía sirve para el transporte fluvial de las maderas de aquellos ricos bosques. Es de gran beneficio tener este arroyo en sus campos, porque en el Chaco no hay que pensar en excavar pozos artesianos ó semisurgentes, y las provisiones de agua tienen que venir de los arroyos permanentes. El Montelindo es uno de estos arroyos, que nunca pierden sus aguas.

Para facilitar el trabajo con los cálculos de observaciones astronómicas, daremos las siguientes reglas para hallar las posiciones geográficas, suponiendo que los lectores ya están acostumbrados á efectuar las correspondientes observaciones, y solamente necesitan una guía, para no olvidarse de ninguno de los detalles.

HALLAR LA LATITUD DE UN PUNTO EN EL TERRENO

a) Por medio del sextante y horizonte artificial

Bajo la suposición de tener en mano un sextanté de construcción superior, y que hemos efectuado todas las correcciones que generalmente se indican en los buenos tratados sobre el uso de este instrumento, solamente nos ocuparemos en demostrar cómo examinamos si los resultados que obtenemos con el sextante son exactos. Ante todo observamos que la falta del index no se corrige por cada observación, para no gastar inútilmente los pequeños tornillos, que efectúan esta corrección; basta saber el importe de esta falta, y podemos sumar ó restar esta falta, segun su naturaleza, al resultado obtenido.

Para determinarla observamos el diámetro del sol, midiéndolo tanto á la izquierda como á la derecha del punto cero del círculo dividido. Si estas dos cantidades no son iguales, la

mitad de la suma numérica, siendo la medida á la izquierda negativa, y la medida á la derecha positiva, nos da el diámetro del sol, y la diferencia indica la falta del index, que puede ser positiva ó negativa, segun el valor más grande de las dos medidas. Con esta corrección tenemos que examinar, si distancias calculadas entre estrellas conocidas corresponden con las medidas obtenidas por observaciones con el sextante. Por causa de la refracción, y para poder introducir ésta con facilidad, elegimos dos estrellas que tengan casi la misma ascensión recta, y medimos su distancia cuando una ó la otra se encuentra en culminación, ó cuando las dos se hallan á la misma distancia del meridiano, una á un lado, y la otra al lado opuesto; así podremos considerar que la refracción influye de igual manera sobre la posición de las dos estrellas.

Estrellas muy á propósito para examinar la exactitud de arcos determinados por sextantes son α y β Crucis, α y β Centauro, Espiga Virgen y Arcturus Bootis, etc.

Para medir las distancias entre estrellas, se calcula de antemano el tiempo medio de la culminación de las estrellas de la manera siguiente :

Sea dado hallar el tiempo medio de la culminación de la estrella α Crucis. Día de observación el 25 de mayo de 1891. Lugar de observación : Asunción, con latitud 25° 17′ sud.

Tiempo sideral ó ascensión recta del medio sol á medio dia en *Greenwich*, mayo 25 de 1891. =	$4^h 11^m 7^s 92$
Tiempo sideral á mediodía en *Asunción*, longitud = $3^h 50^m 40^s \times 9{,}8565$ por hora	37 89
Tiempo sideral en Asunción á mediodía...	4 11 45 81
Ascensión recta de α *Crucis*, 25 de Mayo de 1891.	12 20 33 48
Tiempo sideral desde mediodía en Asunción, hasta la culminación de α *Crucis* en Asunción.	8 8 47 67
Cambio de tiempo sideral en tiempo medio.....	1 20 08
Tiempo medio en Asunción en el instante de la culminación..........................	8 7 27 59

Conociendo el tiempo de la culminación, se puede efectuar el cálculo y la medida del arco entre dos estrellas, sea por ejemplo entre α Crucis y Espiga Virgen. Las ascensiones rectas y las declinaciones de las dos estrellas son conocidas; con estos datos se calcula la distancia verdadera, como el tercero de los lados en un triángulo esférico, en que se conocen dos lados y el ángulo incluido, siendo el vértice del ángulo conocido en el polo sud. Las fórmulas para resolver el triángulo son :

$$\cot \varphi = \cot b \cos (l - l')$$

y

$$\cos a \frac{\operatorname{sen} b \cos (b' - \varphi)}{\operatorname{sen} \varphi}$$

donde b y b' significan las declinaciones, l y l' las ascenciones rectas de las estrellas y á la distancia en arco.

En el caso que nos ocupa, tenemos :

Declinación de α *Crucis* $= b$	=	S 62°30′ 0″ 8
Declinación de *Espiga Virgen* $= b$	=	S 10 35 40 1
Ascensión recta de α *Crucis* $= l'$	=	$12^h 20^m 33^s 48$
— de *Espiga Virgen* $= l$....	=	13 19 28 09
$l - l'$..............................	=	0 58 54 61
$l - l'$..............................	=	14°43′39″15

L cos 14°43′39″15 = 9,9854919
L cot 10 35 40 1 = 0,7280561
L cot φ = 0,7135480
φ = 10°56′44″7
L cos$(b' - \varphi)$ = L cos 51°33′16″1 = 9,7936300
L sen b = L sen 10°35′40″1 = 9,2644892   19,0581192
L sen φ = L sen 10°56′44″7.............. = 9,2784780
L cos a.................................. = 9,7796412

a = 52°58′56″2 = distancia verdadera.

En la culminación de la estrella α Crucis, ésta se encuentra al sud del zénit, para el punto de observación, y la estrella Espiga Virgen se encuentra al norte. La refracción ten-

drá entonces el efecto de acercar las dos estrellas al zénit, y de disminuir la distancia verdadera entre las dos estrellas.

La distancia verdadera es..................		52°58′56″2
Refracción de α *Crucis*..............	43″9	
Refracción de *Espiga Virgen*	15 2	59 1
		52°57′57″1

Lo que es la distancia que se mide con el sextante, despues de haber sido arreglado por el observador de todas las faltas que están á su alcance. Cuando la medida indicada por el sextante no corresponde con la medida calculada, la diferencia se añade en seguida proporcionalmente á todas las medidas sacadas con el mismo sextante.

Para poder calcular la refracción en el momento de la culminación de una estrella, es preciso calcular de antemano la altura de la estrella, sobre el horizonte del punto de observacion; sea este punto en Asunción y el día 25 de mayo de 1891.

Declinación de α *Crucis*....................	62°30′0 ″8
Codeclinación...........................	27 29 59 2
Latitud Sud del punto de Observación.......	25 17
Altura verdadera de la estrella α *Crucis*......	52 46 59 2
Refracción............................	43 9
Altura aparente de α *Crucis* sobre el horizonte Sud en culminación....................	52 47 43 1

Calculé en el año 1891 las distancias aparentes entre las siguientes estrellas, siempre tan cerca de la culminación como fué posible.

Para no equivocarse entre las diferentes estrellas, se colocará el sextante de antemano más ó menos sobre la distancia calculada, así que ambas estrellas se ven simultáneamente.

β Crucis y *Espiga Virgen*	49° 1′ 2″
β Centauro y *Espiga Virgen*	49 43 1 6
α Centauro y *Espiga Virgen*	51 34 29 2
β Crucis y *Arcturo Bootis*	85 3 36
β Centauro y *Arcturo*	79 37 43 5
α Centauro y *Arcturo*	80 13 39 4

Comparé estas distancias aparentes, con las distancias medidas con diferentes sextantes, y encontré que se necesitaba emplear una corrección por cada uno de estos sextantes. Empleando estas correcciones, recibí para la latitud del Hotel Hispano Americano en la Asunción S. 25° 17′0″, de la manera siguiente: agosto 25 de 1891.

Había colocado los siguientes vidrios colorados:

Ante el cristal grande		N° 2 y N° 3
Ante el cristal fijo		N° 1 y N° 2
Falta del index	+	1′
Corrección por graduación	÷	1′06″
Altura del sol ⊙ medida		107°29′14″
Falta del index	+	1
		107 30 14
Corrección de la división	÷	1 54
		107 28 20
Mitad		53 44 10
Refracción 42″3 ÷ (por temperatura) 1″3.	÷	41
		53 43 29
Semi-diámetro = 15′51″; paralelo = 5″.		15 56
		53 59 25
Distancia zenital		36 0 35
Declinación ÷ variación Norte		10 43 35
Latitud		25 17 0

Observando estrellas en lugar de buscar la altura meridional del sol, los cálculos son más fáciles como en el siguiente ejemplo:

En octubre 27 de 1891 me trasladé al mojón número 49

del Chaco paraguayo, y medí la altura meridional de la estrella *Aldebarán* con sextante.

Octubre 27 de 1891, altura meridional....		100°34′50″
Falta del index........................	+	15
Corrección por graduación..............	+	1 35
Doble altura aparente..................		100 36 40
Altura aparente de *Aldebarán*...........		50 18 20
Refracción.............................	÷	48
	N	50 17 32
Declinación............................	N	16 17 30
Altura del ecuador celeste.............	=	66 35 2
Latitud................................		23 24 58

Esta estrella culmina al norte del zénit; cuando la estrella culmina al sud del zénit, el cálculo es un poco diferente.

Noviembre 18 de 1891 medí en el mojón número 49 del Chaco, á las $9^h 41^m 10{,}3^s$ del cronómetro, con sextante, altura de *Achernar:*

En culminación.........................		111°16′30″
Falta del index y corrección por graduación..............................	+	1 44
Doble altura aparente..................	=	111 18 14
Altura aparente de *Achernar*, del horizonte.	S	55 39 7
Refracción.............................		39 4
		55 38 27 6
Declinación Sud........................		57 46 30 4
Altura del ecuador celeste del horiz. Sud..	=	113 24 58
Latitud................................		23 24 58

El método de examinar la exactitud de los sextantes por medio de distancias estelares, no da en la práctica exactamente el buen resultado que la teoría indica, porque es muy difícil obtener sextantes con telescopios tan perfeccio-

nados, que den la luz de una estrella como un punto. Generalmente la estrella se demuestra como una elongación de luz y en tal caso, es casi imposible producir la ocultación de las dos imágenes con invariable exactitud.

HALLAR LA LATITUD DE UN PUNTO EN EL TERRENO

b) Por medio del teodolito

Comprendo bajo el nombre de teodolito un instrumento de exacta y fuerte construcción, de tan grandes dimensiones, que el telescopio da la luz de una estrella como un punto, y que sea munido de una lámpara, para esclarecer el diafragma, y además con un prisma delante del ocular, para poder dirigir el telescopio á estrellas que culminan cerca del zenit. Supongo que el diafragma contenga un hilo horizontal y cinco hilos verticales, de los cuales uno pasa por el centro del telescopio, ó por la línea visual, que corresponde cuando esta línea es horizontal al punto cero de la división del círculo vertical ó de alturas. También es preciso, que el teodolito pueda colocarse de una manera completamente sólida, así que se pueda trabajar con el instrumento sin observar en éste la más mínima oscilación.

El instrumento bien arreglado para observaciones, tiene que satisfacer tres condiciones:

1ª La línea central del telescopio, tiene que ser perpendicular sobre el eje de rotación del telescopio. Solamente en este caso la línea central describe un plano, dando vuelta el telescopio.

2ª Para que este plano descripto por la línea central sea vertical, el eje del telescopio tiene que ser horizontal.

3ª Para que este plano vertical, descripto por la línea cen-

tral, sea el plano del meridiano, el plano descripto tiene que pasar por el polo ó por una estrella en culminación.

El teodolito se emplea entonces en combinación con el cronómetro; solamente empleando éste podemos saber y conocer el momento, cuando una estrella pasa por el meridiano. Como ya demostrado, podemos calcular el momento de la culminación de una estrella, y para saber cuando llegará este momento, arreglaremos el cronómetro por una observación de altura del sol, no teniendo en el Chaco otros medios para conocer con exactitud el tiempo sideral ó tiempo medio.

El día jueves, enero 14 de 1892, hice las siguientes observaciones de la altura del limbo inferior del sol ☉ por la tarde cerca del mojón número 49, en el Chaco paraguayo:

Altura del sol á las	$3^h 4^m 57^s$		97°
—	3 5 41		96 40′
—	3 6 24		96 20
—	3 7 10		96
—	3 7 53		95 40
—	3 8 37		95 20
—	3 9 22		95
Promedio...	3 7 9 4		96 0 0
Falta del index....................		+	1
Corrección para graduación 0″45 por graduación....................		+	43 2
			96 1 43 2
Mitad............................			48 0 51 6
Refracción á 35° C = 51″9 -- 4″...		÷	47 9
Semi-diámetro 16′18″; paralaje = 9 cos 48°......................			16 24
Altura verdadera del centro.........			48 16 27 7
Distancia zenital..................			41 43 32 3
Colatitud..........................			66 35 2

Tiempo Greenwich longitud $3^h 49^m 13^s 7$
Tiempo Observación...... 3 7 9 4
Cronómetro anda atrasado
(suposiciones)........ 3 11 9

Tiempo medio de Greenwich 6 59 35
Variación declinación por
hora............ = $26^s 5$
En $6^h 59^m 35^s$.......... = $0°3'5''3$
Declinación á 12^h........ 21 21 0 6
Declinación al momento de
la observación........ 21 17 55 3
Codeclinación...................... 68 42 4 7

Suma.................. 177 0 39

Mitad............. 88°30′19″5 — 88 30 19 5
68 42 4 7 — 66 35 2
19 48 14 8 — 21 55 17 5

L. sen 19°48′14″8 = 9,5299504; L. sen 68°42′4″7 = 9,9692758
L. sen 21 55 17 5 = 9,5720403; L. sen 66 35 2 = 9,9626737
19,1019907 — 19,9319495
19,9319495
19,1700412
Mitad = 9,5850206 = L. sen $\frac{1}{2}$ A

$\frac{1}{2}$ A = 22°37′10″3
A = 45 14 20 6

Tiempo............................	$3^h 0^m 57^s 4$
Ecuación de tiempo................	9 16 4
Tiempo medio......................	3 10 13 8
Tiempo cronómetro.................	3 7 9 4
Cronómetro anda...................	3 4 4 atrasado

La fórmula para hallar el ángulo horario, como función de los tres lados, en el triángulo esférico, es :

$$\frac{a+b+c}{2}=s$$

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} A=\sqrt{\frac{\operatorname{sen}(s-b) \operatorname{sen}(s-c)}{\operatorname{sen} s \operatorname{sen}(s-a)}}$$

ó

$$\operatorname{sen} \tfrac{1}{2} A=\sqrt{\frac{\sin(s-b) \operatorname{sen}(s-c)}{\operatorname{sen} b \operatorname{sen} c}}.$$

Además de las correcciones que se necesitan para que el teodolito llene las tres condiciones ya indicadas, es preciso cuidar que el círculo vertical indique exactamente las alturas de la línea central del teodolito desde el horizonte, lo que examiné de la manera más fácil, colocando el teodolito al borde de una laguna parada, y mirando en el telescopio á una mira, que se halla cerca del instrumento á flor de agua. Llevando en seguida la mira á la distancia de algunas cuadras y colocándola otra vez á flor de agua, se sabe que la misma altura leida en las dos posiciones de la mira corresponde á la línea horizontal, la que exige el punto cero en el círculo vertical.

Habiendo efectuado las correcciones del teodolito con toda exactitud, y conociendo el momento de la culminación de una estrella, podemos, en aquel momento, medir la altura de la estrella sobre el horizonte, lo que en combinación con la refracción y la declinación nos dará la latitud del punto de observación como antes.

La culminación de la estrella nos da el meridiano, y comparando éste con la dirección de la aguja magnética, obtenemos la variación de la aguja, sin otro cálculo.

Si buscamos la variación de la aguja, sin conocer el meridiano, podemos emplear el método de las alturas correspondientes del sol, observando una altura por la mañana, y la misma altura á la tarde. El correspondiente ángulo azimutal, dividido en dos partes iguales, da el meridiano. Pero esta ob-

servación, además de necesitar casi un día entero, no da resultado exacto, al menos que no estemos seguro de la perfecta verticalidad del eje de rotación. Cuando hay proporción, obtenemos mejor resultado, observando la amplitud del sol, cuando su centro está en el horizonte. Estando la mitad del sol arriba del horizonte y la otra mitad abajo del horizonte, el centro del sol se levantará por causa de la refracción 34′54″; el borde superior del sol estando á 16′ arriba del horizonte, se levantará 31′39″, y el borde inferior del sol, estando á 16′ abajo del horizonte, y pudiendo medirse con el sextante, que el diámetro del sol en aquel instante parece en línea vertical igual á 23′, se encuentra á 24′39″ arriba del horizonte. Será entonces, cuando el sol está en el horizonte, aparentemente el borde superior á 47′39″, el centro á 34′54″, y el borde inferior á 24′39″.

Para medir la amplitud se levantará por consiguiente el objetivo del telescopio á 24′39″, y cuando el borde inferior del sol llegara al hilo horizontal central del diafragma, el hilo vertical se dirigirá al borde norte del sol. Mejor sería dirigir el hilo horizontal al borde superior del sol, que siempre parece un poco más tranquilo que el borde inferior. Con un telescopio, que está munido con el tornillo de Stampfer, estas inclinaciónes se dan fácilmente al anteojo.

La posición de la aguja, en combinación con el cálculo de la amplitud y el aumento del diámetro verdadero del sol, dará entonces la variación de la aguja.

El cálculo de la amplitud se efectúa según la fórmula

$$\text{sen } A = \frac{\text{sen } \delta}{\cos \varphi},$$

donde δ es la declinación y φ la latitud.

El lunes 21 de septiembre de 1891 se ha medido la amplitud del sol desde el mojón número 49 del Chaco, en frente á la Villa Concepción. Estaba el borde inferior del sol aparente

á 24′39″ arriba del horizonte, y el hilo vertical central, tocando el borde norte del sol. Las alidadas del círculo azimutal demuestran 47°23′ y 227°23′.

Tiempo medio de la observación		$5^h52^m50^s$
Longitud del mojón número 49................		3 49 11 6
Tiempo medio de Greenwich..................		9 41 41
Declinación del sol septiembre 21 á 12 horas..................	= 0°43′ 4″3	
Variación 58″36 por hora	9 25 7	
Declinación en el momento de la observación.................	0 33 38 6	
Latitud.........................	23 24 58	

L. sen δ =	L. sen 0°33′38″6	=	7,9906182
L. cos φ =	L. cos 23 24 58	=	9,9626719
L. sen A =			8,0279463
A =	0 36 40		
Semi-diámetro =	15 58		
Amplitud =	0 52 38		

El instrumento con su alidada en 47°23′ miraba á 0°52′38″ al norte desde el punto oeste del horizonte; colocando entonces el telescopio á 47°23′0″ ÷ 0°52′38 = 46° 30′22″ del instrumento, la visual trazará una línea desde este á oeste. La aguja demostró una variación de 5° de norte á este.

La fórmula

$$\text{sen A} = \frac{\text{sen } \delta}{\cos \varphi}$$

se halla resolviendo el triángulo esférico rectángulo, en que A es la hipotenusa, opuesta al ángulo recto, δ un cateto y (90° — φ) el ángulo opuesto á la declinación y cateto δ. Llamando á los catetos 90° menos su valor, el coseno de cualquiera de las cinco cantidades del triángulo es igual al producto de las cotangentes de las dos cantidades adyacentes é

igual al producto de los senos de las dos cantidades opuestas. Así tendremos:

$$\cos (90 - \delta) = \operatorname{sen} (90 - \varphi) \operatorname{sen} A$$

$$\operatorname{sen} \delta = \cos \varphi \operatorname{sen} A$$

$$\operatorname{sen} A = \frac{\operatorname{sen} \delta}{\cos \varphi}.$$

HALLAR LA LATITUD DE UN PUNTO EN EL TERRENO

c) Por medio de observaciones en el 1er vertical

Después de determinar el meridiano por medio de la culminación de una estrella, colocamos el teodolito en el punto cuya latitud se busca, y orientamos el telescopio en el 1er vertical, ajustándole con toda exactitud, así que su línea central, en su revolución alrededor de su eje horizontal, describa un plano perpendicular sobre el meridiano. En seguida, elegimos una estrella que culmine á pocos grados del zenit y al lado opuesto del polo elevado, y observamos el momento en que esta estrella pasa por el 1er vertical, notando el tiempo del cronómetro. Así también notamos el tiempo cuando la estrella pasará por el 1er vertical, bajándose. Si el cronómetro indica tiempo medio, cambiamos éste en tiempo sideral, para hallar el tiempo sideral entre los dos pasajes de la estrella por el 1er vertical, lo que dará inmediatamente el ángulo horario entre las líneas desde el polo al punto donde la estrella corta el 1er vertical y el meridiano. Conociendo la codeclinación de la estrella y el ángulo horario, podemos calcular en el triángulo esférico rectángulo el cateto entre el polo y el zenit, lo que es la colatitud. Supongamos que buscamos

la latitud del mojón número 49 en el Chaco; colocamos el teodolito en este punto y arreglámoslo con toda exactitud, para que se mueva su telescopio en el 1[er] vertical.

Después observamos el momento del pasaje de la estrella β Corvi, y esperamos hasta que se efectúe el segundo pasaje por el mismo vertical. Encontramos después de cambiar el tiempo medio en sideral, que pasan ($20^h 55^m 39^s 2$) entre los dos pasajes, con lo que sabemos, que el ángulo horario ó el tiempo que la estrella necesita para llegar desde el 1[er] vertical hasta culminación en el meridiano es: 13°54′48″. La declinación de β Corvi es 22°48′0″, y su codeclinación = 67°12′0″.

Con estos datos podemos hallar la distancia desde el polo al zenit, como cateto en un triángulo rectángulo en que la hipotenusa es 67°12′0″ y el ángulo adyacente 13°54′48″. Tangente cateto ó codeclinación = tg hipotenusa. Coseno ángulo tangente = tangente 67°12′0″, coseno 13°54′48″ = 66°35′2″; latitud 23°24′58″.

La fórmula para hallar la colatitud es

$$\mathrm{tg}\, b = \mathrm{tg}\, a \cos C$$

porque $\cos C = \cot (90 - b) \cot a = \frac{\mathrm{tg}\, b}{\mathrm{tg}\, a}$.

Este método de hallar la latitud es muy exacto, porque el ángulo horario se observa como el intervalo de tiempo, que es pequeño, cuando la estrella pasa cerca del zenit, por lo que cualquiera irregularidad en la marcha del cronómetro queda sin influencia.

Además no hay que leer graduación de círculo dividido, y si por casualidad el teodolito no sea colocado con la última exactitud, la falta tendrá poca influencia sobre el cálculo de la colatitud. Pero hay esta dificultad, que se necesita una estrella, que culmine á 1,2 ó 3 grados del zenit, y al lado opues-

to del polo, lo que algunas veces puede ser difícil de hallar.

HALLAR LA LATITUD DE UN PUNTO EN EL TERRENO

d) Por medio del telescopio zenital de Talcott

La latitud de un punto de la superficie de la tierra es la declinación del zenit, también es la altitud del polo elevado arriba del horizonte del lugar de observación. La latitud entonces no es en todos los casos el ángulo en el centro de la tierra, medido por un arco del meridiano, como la tierra no es una esfera; pero es el ángulo entre la línea perpendicular del lugar de observación y el plano del ecuador. Llamando φ la latitud, ζ la distancia zenital de una estrella conocida, y δ la declinación conocida de la estrella, tenemos, por culminación de la estrella arriba del polo elevado y entre el ecuador y el zenit

$$\varphi = \delta + \zeta$$

pero en esta fórmula, tanto δ como ζ, según las circunstancias pueden ser positivos ó negativos.

Supongamos primeramente que nos hallamos al norte del ecuador, donde la latitud es positiva, y que observamos la distancia zenital de una estrella, cuya declinación es positiva, y que culmina al sud del zenit ó al lado opuesto del polo elevado, entonces

$$\varphi = \delta + \zeta$$

tanto δ como ζ son ambos positivos y φ ó la latitud es positiva.

Culmina ahora otra estrella con declinación positiva al la-

do del polo elevado, desde el zenit, entonces la distancia zenital es negativa, y en la fórmula $\varphi = \delta + \zeta$, δ es positiva y ζ negativa.

Observamos una estrella, que culmina abajo del ecuador, ó cuya declinación es negativa, entonces tenemos en la fórmula $\varphi = \delta + \zeta$, δ negativa y ζ positiva, lo que siempre dará φ positiva.

Diferentes son los signos, cuando observamos la culminación en el hemisferio sud, donde la latitud es negativa, y donde el polo sud es el polo elevado.

Tenga la estrella declinación negativa, y culmine al norte del zenit ó al lado opuesto del polo elevado, entonces la distancia zenital es negativa, y la latitud $\varphi = \delta + \zeta$ será negativa igual á la suma de dos cantidades negativas.

En el segundo caso, en que la estrella culmina al lado del polo elevado, la distancia zenital es positiva y la fórmula $\varphi = \delta + \zeta$ se cambiará en una diferencia que dará φ ó la latitud negativa, porque la declinación negativa es más grande que la distancia zenital.

En el tercero caso, en que la estrella culmine abajo del ecuador ó que tenga declinación positiva, la distancia zenital será negativa como en el primer caso y más grande que la declinación, por lo que φ será negativa. En todos los casos tenemos entonces $\varphi = \delta + \zeta$, observando los signos de δ y ζ. Cuando observamos la culminación de una estrella abajo del polo, empleamos el suplemento de la declinación, así que tenemos

$$\varphi = 180 - (\delta + \zeta) \text{ ó sea } (90 - \delta) + (90 - \zeta)$$

Para hallar la latitud de un punto de observación, siempre será bueno observar la culminación de estrellas á los dos lados, norte y sud del zenit. Faltas de refracción se destruyen así en parte ó totalmente, cuando las dos estrellas culminan á la misma altura, y si tenemos un instrumento á propó-

sito, no necesitamos hallar las distancias zenitales de las dos estrellas, hasta conocer la diferencia entre estas distancias. Sea para la primera estrella que culmina, al lado opuesto del polo elevado

$$\varphi = \delta + \zeta$$

y para la segunda estrella, que culmina al lado del polo elevado

$$\varphi = \delta' - \zeta'$$

entonces tenemos combinando las dos observaciones

$$2\varphi = (\delta + \delta') + (\zeta - \zeta')$$

de lo que sigue, que la latitud se halla como la mitad de la suma de las dos declinaciones, más la mitad de la diferencia entre las distancias zenitales.

Ejemplo: en octubre 17 de 1891 me encontré cerca del sitio del mojón número 49 en el Chaco paraguayo, en la costa del río Paraguay frente á la Villa Concepción. Medí la altura de la estrella Achernar en culminación igual á 55°37′56″. La latitud de aquel punto es al sud del ecuador; el polo sud es por consiguiente el polo elevado. La estrella culmina al sud del zenit, es decir, entre el zenit y el polo elevado. La altura aparente de 55°37′56″ se cambia en altura verdadera, restando la refracción, que es 39″6, y resta la altura verdadera sobre el horizonte sud = 55°37′16″4, lo que da para ζ, que en este caso es positivo, 34°22′43″6.

La declinación de esta estrella es al sud, ó negativa, ó igual á ÷ 57°47′28″, y la latitud del punto de observación, segun la fórmula $\varphi = \delta + \zeta$

$$\varphi = \div\, 57°47'28'' + 34°22'43''6$$

igual á 23°24′44″4.

Así también medí en el mismo punto, pero cuatro días más tarde, en octubre 21 de 1891, la altura de la estrella Markab en 51°57'20", lo que, con refracción de 45" da una altura verdadera igual á 51°56'35" al tiempo de la culminación. A esta altura corresponde la distancia zenital de 38°3'25" negativa.

La declinación de esta estrella es al norte del ecuador y por consiguiente positiva $= + 14°37'27''$. La culminación se efectúa al norte del zenit, y la distancia zenital ó ζ tiene que calcularse negativa por tener lugar al lado opuesto del polo elevado; así, antes hemos tomado ζ positivo, cuando la culminación tuvo lugar al lado del polo elevado. Para latitud tenemos entonces

$$+ 14°37'27'' = 38°3'25'' = \varphi = \div 23°25'58''$$

ó en combinación con la primera observación

$$\varphi = 23°25'21''2$$

Si ahora, para obtener la latitud, combinamos estas dos observaciones, empleando la fórmula:

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(\delta + \delta') + \tfrac{1}{2}(\zeta + \zeta'),$$

en la que la distancia zenital ζ, siendo medida al sud del zenit, es positiva, y la distancia zenital ζ', siendo medida al norte del zenit es negativa, por lo que la fórmula puede escribirse

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(\delta + \delta') + \tfrac{1}{2}(\zeta - \zeta'),$$

tenemos:

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(\div 57°47'28 + 14°37'27'')$$
$$+ \tfrac{1}{2}(34°22'43''6 - 38°3'25'')$$

ó

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(\div 43°10'1'' \div 3°40'41''4)$$
$$= \tfrac{1}{2}(\div 46°50'42''4) = \div 23°25'21''2$$

En este hemisferio sud la distancia zenital al sud del zenit es positiva, y la distancia zenital al norte del zenit es negativa. En el hemisferio norte es lo mismo, pero mientras que la distancia zenital por el lado del polo elevado es positiva en el hemisferio sud, esta distancia zenital al lado del polo elevado es negativa en el hemisferio norte, y mientras que la distancia zenital por el lado opuesto del polo elevado es negativa en el hemisferio sud, esta distancia zenital al lado opuesto del polo elevado es positiva en el hemisferio norte.

El instrumento para observar la latitud, según el método Talcott, está construído algo semejante á un teodolito, pero sin círculo dividido vertical, porque no observamos la altura de estrellas en culminación, sino solamente la diferencia de alturas ó de distancias zenitales para dos estrellas, de las cuales una culmina al sud y la otra al norte del zenit.

Para obtener esta diferencia exactamente, es preciso que la inclinación del telescopio y de su línea central sea exactamente la misma, mirando las dos estrellas, aunque las posiciones del telescopio sean 180° diferentes en azimut. Esta identidad de inclinación se obtiene muniendo al telescopio con un nivel, que, cuando no sale de su posición horizontal, indica que el telescopio queda con la misma inclinación, aunque se le da vuelta alrededor del eje vertical y central del instrumento. La diferencia de distancias zenitales por las dos estrellas en culminacion se mide con un micrómetro, de lo que sigue que esta diferencia no puede ser mayor que mucho menos de la abra del campo de vista en el telescopio, porque se comprende, que las dos estrellas tienen que observarse con la misma inclinación del telescopio. Las estrellas que observamos, no solamente tienen que tener más ó menos la misma altura de culminación, aunque á lados opuestos del zenit, sino tienen que culminar también casi al mismo tiempo, para que la refracción y las condiciones del instrumento no estén sujetas á variaciones, y estas condiciones nos obligan á observar estrellas de poca magnitud, que no se

hallan enumeradas en las listas del almanaque naútico, pero que podemos encontrar en los volúmenes VII y VIII del Observatorio Nacional Argentino.

Ejemplo: El 1° de mayo de 1897 observamos cerca del mojón número 49 en la costa del río Paraguay, en el Chaco paraguayo, enfrente á la Villa Concepción, con el telescopio zenital de Talcott, varios pares de estrellas que culminan al sud y al norte del zenit con la misma altura de culminación más ó menos y al mismo tiempo más ó menos, por lo que formamos primeramente el siguiente cuadro :

Sabiendo que la latitud del punto de observación tiene una latitud sud de más ó menos 23°25′, podemos combinar las mensuras de estrellas cuyas declinaciones sean 0° y 46°50′ sud, 10° y 36°50′ sud, 20° y 26°50′ sud; ú otras estrellas cuyas sumas de declinación sean 46°50′ pares de estrellas que culminan á la misma altura pero á lados opuestos del zenit, cuya declinación es 23°25′. Examinando el catálogo de estrellas sud del Observatorio de Córdoba, encontramos que las estrellas de la hora X

N° 68 :	Asc. rect.	$10^h 1^m 3^s 54$,	Decl. =	24° 6′20″4,	Magn. 7 ½	1875.0
N° 233 :	—	10 3 19 00,	Decl. =	22 52 46 1.	Magn. 9	1875.0
		2 15 46		23 29 33 25		

Observamos la primera estrella que pasa el meridiano, según tiempo del cronómetro anteriormente calculado notamos la división del micrómetro $2^m 15^s 46$ tiempo sideral más tarde, después de haber dado vuelta el telescopio al lado norte del zenit observamos la culminación de la segunda estrella, lo que dará diferencia de distancias zenitales, medidas con el micrómetro, y de lo que entonces puede calcularse la latitud según la fórmula

$$\varphi = \tfrac{1}{2}(\delta + \delta') + \tfrac{1}{2}(\zeta - \zeta').$$

Repitiendo las observaciones, calculando las diferencias de refracción, observando estrellas de las cuales la del norte pasará primeramente, y en seguida estrellas de las cuales la del sud pasará primeramente, examinando bien la exactitud del micrómetro, obtendremos un resultado para latitud de toda exactitud.

Empleando la ascensión recta y declinación de estrellas como anotadas en el catálogo del Observatorio de Córdoba, sabemos que estas cantidades son diferentes de lo que son hoy día, porque se refieren en el catálogo al principio del año 1875. Así observamos que la estrella número 976 de la hora VI en el catálogo de Córdoba está anotada así para 1875. O

N° 976 : Asc. recta $6^h21^m10^s34$, Decl. aust. $= 52°37'41''2$,

mientras que el 1° de mayo de 1897 estas cantidades son :

N° 976 : Asc. recta $6^h21^m39^s2$, Decl. aust. $52°38'33''$.

La segunda anotación se deduce de la primera, añadiendo por el intervalo de 22 años y 4 meses la precesión y la moción que tiene la estrella, lo que da la posición media. Después encontramos la posicion verdadera, añadiendo la corrección para nutación, y en fin obtenemos la posición aparente corrigiendo por aberración, cada corrección con su signo correspondiente.

Estos cálculos tienen que efectuarse para obtener la ascensión recta y la declinación de las estrellas para el día de la observación con el telescopio zenital de Talcott.

La exactitud de este instrumento es tan grande, que un buen observador y calculador puede hallar la latitud de su punto de observación hasta adentro de 10 metros de la verdadera latitud.

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE UN PUNTO DE OBSERVACIÓN

a) Con la cadena métrica

Siendo dado en la vecindad del punto cuya longitud se busca, algun punto cuya longitud está conocida, nada más exacto, que medir la distancia con la cadena, y en cualquier rumbo, reduciendo cada medida parcial al meridiano y á un paralelo de latitud.

Así, ya ha sido medida varias veces una distancia en el Chaco paraguayo, desde el mojón número 49 en la costa del río Paraguay hasta los terrenos que ocupa la Misión Inglesa, distancia que tiene más de 20 leguas. El último punto ha sido marcado con un mojón sólido.

b) Por medio de la entrada y de la salida de las lunas del Júpiter en el disco del planeta

Teniendo un buen teodolito para esta observación, se anota sin gran dificultad la entrada y el egreso de una luna, cuando el cronómetro arreglado se halla al lado. Estos mismos tiempos estando anotados en el almanaque naútico con tiempo de Greenwich, la diferencia de tiempo puede hallarse. Ya he demostrado la manera, como el cronómetro puede arreglarse, y siendo esto hecho, se necesita solamente práctica en la operación para hallar la longitud; pero la cosa es, que el Júpiter no siempre está visible cuando se busca la longitud. Cuando hay posibilidad, se observa tanto el tiempo de la entrada como de la salida, tomando el medio de las dos observaciones.

c) Observando el tiempo local del pasaje de la luna por el meridiano

Para obtener la longitud de un punto de observación por este método, necesitamos un teodolito de gran tamaño y de superior construcción, muy fuerte y de perfecto arreglo. Además un cronómetro cuyo estado y cuya marcha sea bien conocida.

Para observaciones en el Chaco paraguayo, donde no faltan lagunas, esteros ó aguas paradas de alguna extensión, como de 400 metros, estas superficies horizontales se emplean con provecho para arreglar con toda minuciosidad el teodolito. El instrumento se lleva al borde de la laguna, y una mira plantada exactamente á flor del agua, pero cerca del instrumento, da la altura de la línea central del telescopio, mientras otra mira á la distancia de 400 metros, también plantada á flor del agua, indica la horizontalidad de la línea visual y central. Así tenemos una línea horizontal, la cual sirve de base, para todos los arreglos del instrumento. Aquel punto, al borde de la laguna, se elige en seguida para estación de observación, así que el instrumento no se mueve más, hasta que las observaciones hayan sido concluídas, y cuando hemos obtenido resultados satisfactorios, cuando ya conocemos con exactitud la longitud de aquel punto de observación, entonces esta longitud podrá referirse á cualquier otro punto de la vecindad, por medio de la distancia medida con la cinta de acero.

Supongamos, ahora, que el diafragma del telescopio consiste en un hilo vertical y cinco hilos equidistantes verticales; podemos, dando vuelta al telescopio alrededor de su eje, arreglar estos hilos, así que el centro en cualquiera posición del telescopio, tocara al mismo punto de la segunda mira, y además podemos levantar ó bajar el telescopio, hasta que este

punto se encuentre en la línea horizontal y prolongación del eje del telescopio. En esta posición el círculo vertical del instrumento tendrá su punto cero de su división en correspondencia con el cero del vernier, sino el vernier se arreglará hasta que esto suceda, y cuando es así, el círculo vertical podrá indicar la altura de una estrella sobre el horizonte. Movemos en seguida el telescopio alrededor del eje vertical del instrumento y cuidamos que la línea central describa un plano vertical, en caso que el instrumento pueda darnos la altura de una estrella sobre este plano horizontal, que coincide con el plano del horizonte celeste. En esta posición también podremos arreglar los niveles de que está munido el instrumento, y observar y calcular el valor de cada una de lás divisiones del nivel, conociendo la distancia entre el ocular y la mira. Sea esta distancia 400 metros y que se mueva la visual 5 centímetros sobre la mira por cada división del nivel, entonces el valor de una dìvisión será

$$400 \text{ tg } x = 0{,}05 \quad \text{ó} \quad \text{tg } x = \frac{5}{40000} = \frac{1}{8000},$$

y

$$x = 2578'';$$

también podemos calcular:

$$400 \,.\, x \,.\, \text{sen } 1'' = 0{,}05$$

$$x = \frac{1}{8000 \text{ sen } 1''} = 25783''.$$

Hemos dicho que el diafragma, necesita cinco hilos verticales; esto es, para que una observación de pasaje por el meridiano, pueda repetirse cinco veces, lo que se efectúa observando el momento, cuando la estrella pasa cada uno de los hilos. Pero entonces necesitamos couocer el tiempo que pasa, para que la estrella se traslade de un hilo á otro. Cuan-

do la estrella se encuentra en el ecuador, donde se mueve con la mayor velocidad, con que las estrellas pueden moverse, el tiempo que pasa para llegar de un hilo á otro se llama la distancia ecuatorial, y tiene que ser igual para los cinco hilos. Una estrella situada afuera del ecuador, se mueve con menor velocidad, y si la estrella se encontrara en el polo, su velocidad sería cero. La ley para el aumento de tiempo, que necesita la estrella cuando su distancia crece del ecuador, es la ley del seno, así que si observamos el tiempo T para una estrella afuera del ecuador, el tiempo t para una estrella en el ecuador, sería $t = T \text{ sen } \Delta$, donde Δ es la distancia polar. Cualquiera estrella á cualquiera distancia del ecuador, sirve para hallar la distancia ecuatorial de los hilos. El tiempo observado que pasa para que la estrella llegue de un hilo á otro, se multiplica con el seno de su distancia polar, y no solamente tienen que ser iguales todos estos productos, sino también tienen que ser iguales entre sí, al menos teóricamente. Si no lo son, las diferencias se toman en cuenta, cuando reducimos las observaciones de pasajes por los hilos, al pasaje por el centro del telescopio. Encuentro en el volumen II del Observatorio Nacional Argentino que los hilos del círculo meridiano tuvieron los siguientes intervalos ecuatoriales :

$$B = -25^s101, \quad C = -13^s066, \quad D = 0,$$
$$E = +13^s067, \quad F = +25^s179.$$

es decir, que una estrella en el ecuador necesitaría 25,101 segundos para llegar al centro desde el hilo ó grupo B.

Cuando el instrumento ha sido arreglado con toda exactitud posible en todos sus detalles, todavía podemos estar seguros, que no llena las exigencias de las tres condiciones fundamentales. Pero como ya no podemos eliminar estas tres faltas, es preciso determinar sus valores y hacer entrar estos

valores con su signo algebraico en los resultados finales. La primera condición fundamental era que la línea central y óptica del telescopio sea perpendicular sobre el eje horizontal del telescopio, solamente así la línea óptica puede designar un plano. Supongamos ahora que el eje del telescopio no sea bien horizontal, entonces el plano que designa la línea óptica no será un meridiano, sino un plano que tendrá una pequeña inclinación contra el meridiano, la misma inclinación que tendrá el eje del telescopio con el horizonte. Una estrella parece culminar, cuando llega al plano que designa la línea óptica, pero como este plano es defectuoso, también la posición de la estrella es defectuosa con el ángulo horario del instante. Llamemos este ángulo p y el ángulo defectuoso de inclinación $= y$, la latitud del lugar de observación $= l$ y la distancia polar $= \Delta$, y tendremos un triángulo esférico, del cual podremos obtener el ángulo horario p que buscamos. El triángulo tiene los siguientes tres lados :

1° El lado entre el polo P y el lugar defectuoso de la estrella, distancia igual á Δ;

2° El lado desde el lugar defectuoso de la estrella hasta el punto del horizonte en que el meridiano corta el horizonte. Este lado del triángulo no entra en el cálculo;

3° El lado ó arco del meridiano entre el horizonte y el polo elevado. Este arco ó círculo mayor pasa por el zenit y es igual á $180° - l$;

4° El ángulo entre estos dos últimos lados es el ángulo de inclinación $= y$ y toca al horizonte;

5° El ángulo entre el meridiano, en el polo elevado y el círculo que desde el polo elevado va al lugar defectuoso de la estrella. Este ángulo es p.

Para hallar este ángulo tenemos en un triángulo cualquiera

$$\cot a \operatorname{sen} b = \cos b \cos C + \operatorname{sen} C \cot A$$

relación entre dos lados, el ángulo incluído y el ángulo opues-

to al primero de los dos lados; en el triángulo, que consideramos, éste será

$$\cot \Delta \operatorname{sen} (180 - l) = \cos (180 - l) \cos p + \operatorname{sen} p \cot y$$

$$\frac{\cos \Delta \operatorname{sen} l + \cos l \cos p \operatorname{sen} \Delta}{\operatorname{sen} \Delta} = \operatorname{sen} p \cot y$$

$$\frac{\operatorname{sen} (\Delta + l)}{\operatorname{sen} \Delta} = \frac{\operatorname{sen} p}{\operatorname{tg} y} = \frac{p}{y} = \frac{\operatorname{sen} h}{\operatorname{sen} \Delta}$$

$$p = y \frac{\operatorname{sen} h}{\operatorname{sen} \Delta} \text{ calculando en arco,}$$

$$p = y \frac{\operatorname{sen} h}{15 \operatorname{sen} \Delta} \text{ calculando en tiempo,}$$

$\cos p$, por ser p muy pequeño, ha sido puesto $= 1$.

Supongamos que la estrella culmine en el zenit, entonces $h = 90°$ y $\operatorname{sen} h = 1$; supongamos también que $\operatorname{sen} \Delta$ sea $\frac{1}{3}$, este nos dará

$$p = y \frac{1}{\frac{15}{3}} = \frac{y}{5},$$

así que cuando la falta en inclinación del eje horizontal, por ejemplo, es $10''$ de arco, ésto producirá una falta en la culminación de esta estrella de 2^s de tiempo.

Pero la dificultad consiste en determinar la cantidad y ó la inclinación del eje horizontal. Si el instrumento tiene un nivel sobre este eje horizontal, entonces podremos conocer la inclinación por medio de este nivel, pero si no hay, será preciso observar la culminación de una estrella por los dos primeros hilos del diafragma y en seguida la culminación en un horizonte artificial por los dos últimos hilos. Si la estrella culmina en el instrumento, antes de llegar al meri-

diano, entonces culminará en el horizonte artificial después de haber pasado el meridiano. De la fórmula

$$p = y \frac{\text{sen } h}{15 \text{ sen } \Delta},$$

obtenemos : $$y = \frac{15\, p \text{ sen } \Delta}{\text{sen } h};$$

é y será $$= 15 \left(\frac{T' - T}{2}\right) \frac{\text{sen } \Delta}{\text{sen } h},$$

siendo T′ y T los tiempos observados y reducidos, cuando la estrella pasará por los primeros hilos y en seguida por los últimos hilos del diafragma, el pasaje por los primeros hilos siendo visto, apuntando el telescopio sobre la estrella, y el pasaje por los dos últimos hilos siendo visto, apuntando el telescopio sobre la imagen de la estrella en el mercurio.

La falta de horizontalidad del eje de rotación del telescopio, que resulta de estas observaciones, si no podemos corregirla en el instrumento, se tomará en cuenta en las observaciones finales. Es diferente con las pequeñas faltas, que tienen su origen en la desviación de la línea visual óptica de la perpendicularidad sobre el eje de rotación. Esta falta no necesita observarse y calcularse astronómicamente, porque podemos descubrirla y corregirla con toda exactitud, dando vuelta al telescopio alrededor de su eje central, siempre cuidando que la línea óptica no desvie en ninguna posición de un punto bien visible á grande distancia. La tercera condición fundamental, que exige que la línea central óptica, pase por una estrella en culminación, ó cuando se halle en el meridiano, también la podemos llenar con la última exactitud, teniendo cuidado de conocer perfectamente el estado del cronómetro.

Conociendo entonces, que el instrumento ha sido arreglado en todos sus detalles, y que la línea central óptica desig-

na bien el meridiano, podemos proceder á la observación del borde de la luna, y de algunas estrellas conocidas que tengan más ó menos la misma declinación que la luna. El pasaje de estas estrellas dará el estado del cronómetro, con lo que podemos calcular el tiempo de la culminación de la luna, y conociendo este tiempo el almanaque náutico ya nos ayuda en hallar la longitud.

Habiendo entonces observado el pasaje de un borde de la luna por el meridiano, y conociendo el momento en tiempo medio, medido por el cronómetro cuyo estado en el mismo momento conocemos, por haber anotado el pasaje de alguná estrella, cuya ascensión recta está determinada, podemos hallar la ascensión recta de la luna, es decir el tiempo sideral del pasaje de su primer ó segundo borde.

Sea por ejemplo:

El pasaje observado de la luna al meridiano en tiempo del cronómetro..............		$12^h21^m20^s93$
El estado absoluto del cronómetro en el momento de la culminación............	+	15 25 63
Entonces es el tiempo medio del pasaje de la luna por el meridiano...............		12 36 46 56
El tiempo sideral del pasaje de la luna por el meridiano, se halla buscando el tiempo sideral á mediodía del lugar de observación. Sea este........................		3 30 26 54
Y reducción al tiempo sideral por los $12^h36^m46^s56$........................	+	2 4 32
Obtenemos el tiempo sideral del pasaje ó la ascención recta de la luna, primero ó segundo borde, según la observación ..		16 9 17 42

Ahora ya conocemos la ascensión recta de la luna y no tenemos que hacer más que buscar en las efemérides, en qué instante del tiempo medio de Greenwich, la ascensión recta de la luna era $16^h9^m17^s42$ para hallar la longitud, habiendo

rèducido anteriormente la observación al centro en lugar del borde de la luna.

El almanaque naútico tiene anotado por cada día del año los pormenores de la luna y de estrellas de casi la misma declinación que la luna, y que por consiguiente se llaman « estrellas culminando con la luna », y que son útiles en esta clase de observaciones. El almanaque dice en explicación de la rúbrica correspondiente, como sigue:

Se llaman estrellas culminando con la luna, aquellas estrellas, que, siendo cerca del paralelo de declinación de la luna, y que no son lejos de la luna en ascensión recta, son convenientes para ser observadas con la luna, para determinar diferencias de meridianos. Así se efectúa, comparando las diferencias de las ascensiones rectas de tal estrella y del borde visible de la luna en dos meridianos diferentes.

Supongamos que la luna no tuviera moción, la diferencia entre su ascensión recta y la de la estrella sería constante para todos los meridianos, pero en el intervalo de su pasaje sobre dos diferentes meridianos, su ascensión recta habrá variado, y la diferencia entre las dos diferencias comparadas, demostrará la cantidad de esta variación, la que en adición de las diferencias de los meridianos, demuestra el ángulo, que tiene que pasar el meridiano del oeste, antes que pueda llegar hasta la luna. Por consiguiente, y como conocemos el radio de su crecimiento en ascensión recta, la diferencia de longitud puede hallarse fácilmente.

El almanaque náutico da las siguientes cantidades para el 0 de enero de 1893 al tiempo de culminación en Greenwich.

Enero 0, la luna 1er borde, culminación superior, tiene días 12,6, aparente ascensión recta $5^h6^m38,52$. Corrección de la ascensión recta de la estrella por el día siguiente $= 0$. Variación de la ascensión recta de la luna en una hora de longitud, 170^s5, tiempo sideral que necesita el radio para pasar el meridiano, 77^s13. Aparente declinación norte $26°$ $21'5''5$. Variación de la declinación en una hora de longitud

358″3, semidiámetro 16′29″8; paralaje horizontal 60′26″4. Además: da por la estrella 125 Tauri aparente ascensión recta $5^h 33' 7,02$ y aparente declinación 25°50′.

Estos datos nos hacen conocer la diferencia en ascensión recta entre la luna y la estrella, cuando la luna pasa el meridiano de Greenwich. Pero cuando la luna pasa el meridiano de un punto de observación en el Chaco paraguayo, su ascensión recta ya es mucho mayor. Como hemos demostrado podemos hallar esta ascensión recta, y como la ascensión recta de la estrella no ha variado, sabemos con qué cantidad la ascensión recta de la luna ha aumentado, pasando del meridiano de Greenwich al meridiano del punto de observación. En una hora de longitud la variación de ascensión recta de la luna es $170^s 51$, y esta cantidad nos dará la longitud del punto de observación como resultado de una simple proporción.

Sea por ejemplo la ascencion recta en el momento de la culminacion en Greenwich, como es dada en el almanaque :

Ascención recta de la culminación en Greenwich.	$5^h\ 6^m 38^s 52$
Ascensión recta de la estrella.................	5 33 7 02
Diferencia entre las ascenciones rectas.........	0 26 28 50

Supongamos que hayamos observado el pasaje de la luna, el mismo día, en algún otro lugar más al oeste, y que hayamos encontrado la ascensión recta

Ascensión recta.............................	$5^h 17^m\ 0^s$
Ascensión recta de la estrella.................	5 33 7 02
Diferencia entre las ascensiones rectas.........	0 16 7 02

Desde el pasaje en Greenwich hasta el pasaje en el lugar de observación, la luna habrá aumentado su ascensión recta con $10^m 21^s 48$ y como $170{,}51^s$ de aumento correspondeá una hora delongitud, tendremos la longitud $= 3^h 38^m 41^s 4 = 54° 40' 21''$ de arco.

